

Jussi Rajahalme

**BIOKAASUMOOTTORIN LÄMMÖNTALTEENOTON OHJAUKSEN  
TOIMINTAKUVAUS**

# **BIOKAASUMOOTTORIN LÄMMÖNTALTEENOTON OHJAUKSEN TOIMINTAKUVAUS**

Jussi Rajahalme  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Energiatekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikka

---

Tekijät: Jussi Rajahalme

Raportin nimi: Biokaasumoottorin lämmöntalteenoton ohjauksen toimintakuvaus

Työn ohjaaja: Timo Kiviahde

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 22 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyö on tehty Vatajankosken Sähkö Oy:n toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli luoda toimintakuvaus Vatajankosken Sähkö Oy:n Honkajoen biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmälle. Toimintakuvauksen tarkoitus on auttaa automaattiosuunnittelijaa työssään. Biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmään tehtiin uudistuksia, minkä seurauksena järjestelmälle tarvittiin uusi toimintakuvaus.

Työssä kerrotaan kirjallisesti jäähdytysjärjestelmän toiminta. Toimintakuvauksessa kerrotaan pääkomponenttien toiminta. Jäähdytysjärjestelmän pääkomponentteja ovat esimerkiksi venttiilit, pumput ja lämmönsiirtimet.

Opinnäytetyön lopputuloksena on kattava toimintakuvaus jäähdytysjärjestelmän toiminnasta. Vatajankosken Sähkö Oy pystyy hyödyntämään toimintakuvausta automaattiosuunnittelijan kanssa. Tilanteen vaatiessa toimintakuvausta voidaan muokata muutosten mukaiseksi.

---

Asiasanat: automaatiojärjestelmä, biokaasumoottorilaitos, toimintakuvaus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 ENERGIAVIRASTO	7
2.1 Energiaviraston tehtävät	7
2.2 Uusiutuvan energian syöttötariffi	7
3 BIOKAASUMOOTTORILAITOS	9
3.1 Biokaasumoottori	9
3.2 Pääkomponentit	10
3.2.1 Pumppu	10
3.2.2 Venttiili	10
3.2.3 Lämmönsiirrin	11
3.2.4 Lämpöakku	11
4 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	13
4.1 Prosessiautomaatio	13
4.2 Toimintakuvaus	13
4.3 Mittaukset	14
4.4 Säätohtävät	15
4.5 Lämmönsiirtimen säätö	15
5 LÄHTÖKOHDAT	16
5.1 Jäähdytysjärjestelmä	17
6 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOIMINTAKUVAUS	20
7 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	23

Liite 1: Kirkkokallion kaasumoottorilaitos jäähdytysveden lämmityspiiri PI-kaavio

Liite 2: Biokaasumoottorin jäähdytysjärjestelmän toiminta

## SANASTO

Biokaasulaitos	Biokaasua tuottava tuotantolaitos
kVA	Kilovoltttiampeeri
Lämmönsiirrin	Lämmönsiirrin on komponentti, jolla siirretään lämpö-energiaa aineesta toiseen
Lämpöpreemio	Sähkön tuotantohinnan päälle maksettava kiinteä sähkön markkinahinnasta riippumaton tuki
MWh	Megawattitunti
MJ/m <sup>3</sup> n	Energiamäärä, megajoulea normi kuutiossa
MVA	Megavoltttiampeeri

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä luodaan toimintakuvaus biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmästä. Toimintakuvaus on luotu automaattisuunnittelijaa ja käyttökäyttöhenkilökuntaa varten. Tämä insinöörityö on tehty Vatajankosken Sähkö Oy:n toimeksiannosta ja on osa energiatekniikan koulutusohjelmaa.

Vatajankosken Sähkö Oy on itsenäinen energiayhtiö. Yhtiön sähköverkko kattaa noin 24 000 asukasta Kankaanpäässä sekä lähikunnissa. Sähköverkon lisäksi yhtiöllä on kaukolämpöverkko Kankaanpään keskustassa ja Niinisalossa. Teollisuudelle myydään höyryä Honkajoella, jossa toimii Kirkkokallion kiinteänpolttoaineen voimalaitos ja biokaasumoottorilaitos. Kaukolämmön ja höyryn myynti oli vuonna 2016 vajaat 146 MWh, josta höyryn osuus oli 68,1 MWh. Lämmöstä sekä höyrystä 93,9 % tuotettiin lähialueen polttoaineilla ja loput 6,1 % öljyllä. Kuvassa 1 on Honkajoen biokaasumoottorilaitos. (1.)



*KUVA 1 Honkajoen biokaasumoottorilaitos*

## **2 ENERGIAVIRASTO**

Energiaviraston tehtävät on esitetty laissa 870/2013. Energiaviraston vastuulla on biokaasuvoimalan toiminta. Biokaasuvoimalaitoksen sähkötuotantoon liittyvät säädökset on esitetty laissa 1396/2010.

### **2.1 Energiaviraston tehtävät**

Energiaviraston tehtävät on määrätty laissa 870/2013 (Laki Energiavirastosta). Lain 1. §:ssä kerrotaan Energiaviraston tehtävistä, joita ovat sähkö- ja maakaasumarkkinoiden valvonta sekä seuraaminen. Samalla viraston on varmistettava sähkö- ja maakaasumarkkinoiden toimivuus, varmistettava uusiutuvan energian käyttöä sekä varmistaa kasvihuonekaasujen päästökaupan sekä energiatehokkuuden toimeenpanotehtävät. (2.)

### **2.2 Uusiutuvan energian syöttötariffi**

Laissa 1396/2010 (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta) säädetään syöttötariffijärjestelmästä, johon voidaan hyväksyä säädetyt edellytykset täyttävät tuuli-, biokaasu-, metsähake- ja puupolttoainevoimalat. Lain mukaan yleinen ohjaus, seuranta sekä kehittäminen kuuluvat työ- ja elinkeinoministeriölle. Energiavirasto valvoo lain noudattamista ja hoitaa sille säädetyt tehtävät. Biokaasuvoimala määritellään laissa voimalaitokseksi, jossa suoraan tai kaasuverkon kautta siirretystä biokaasusta tuotetaan sähköä yhdessä tai useamman saman verkonhaltijan mittariin kytketyssä generaattorissa. (3.)

Syöttötariffijärjestelmään voidaan hyväksyä biokaasuvoimala, joka täyttää seuraavat ehdot:

- Se ei ole saanut investointitukea.
- Se on uusi.
- Generaattorien yhteenlaskettu nimellisteho ylittää 100 kVA.
- Se käyttää polttoaineena sellaisessa biokaasulaitoksessa tuotettua biokaasua, joka ei ole saanut investointitukea ja on uusi. (3.)

Biokaasuvoimala voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään myös korotetulla lämpöpreemiolla, joka tuottaa sähkön tuotannon yhteydessä lämpöä hyötykäyttöön. Samalla biokaasuvoimala voidaan hyväksyä syöttötariffijärjestelmään, jos sen kokonaishyötysuhde on 50 % tai jos voimalan generaattorien yhteenlaskettu nimellisteho on vähintään 1 MVA hyötysuhteen ollessa 75 %. (3.)



## 3 BIOKAASUMOOTTORILAITOS

### 3.1 Biokaasumoottori

Moottorivoimalaitoksella tarkoitetaan voimalaa, jossa otto- tai dieselmoottori pyörittää generaattoria. Moottorivoimalaitoksia on perinteisesti käytetty sellaisissa paikoissa, joissa energiahuolto on vaikeaa. Käyttökohteita voivat myös olla varavoima lentokentillä, sairaaloissa tai teollisuudessa. Yksinkertaisimmillaan kytkentä voi olla vain moottori ja generaattori. Kun sähköntuotannon lisäksi mukaan otetaan lämmöntuotanto, kytkentä monimutkaistuu. Sähköntuotannon lisäksi kytkennässä voi olla lämmöntalteenotto, höyryturbiini tai kylmälaitekytkentä. Moottorivoimaloiden pääpolttoaineet isoissa laitoksissa ovat nykyisin raakaöljy, raskas ja kevyt polttoöljy, maa- sekä biokaasu. Pienemmissä laitoksissa voidaan käyttää myös puusta tai biomassasta kaasuttamalla tehtyä biokaasua. (4.)

Perinteisissä moottorivoimalaratkaisuisissa päästään sähköntuotannossa nykyisin noin 47 %:n hyötysuhteeseen. Kun voimalan kytkentään lisätään lämmöntalteenottokattilat sekä höyryturbiini, sähköntuotannossa voidaan päästä jopa yli 55 %:n hyötysuhteeseen. Laitoksen kokonaishyötysuhde voi olla jopa yli 90 %, kun sähkön lisäksi kaikki moottorista muodostuva lämpö kerätään talteen. Moottorin ja öljyn jäähdytysvedestä saadaan noin sata-asteista vettä. Jäähdytysvettä voidaan käyttää muun muassa kaukolämpöveden lämmitykseen tai suoraan kiinteistön lämmitykseen. (4.)

Biokaasua tuotetaan mädättämällä orgaanista ainetta. Esimerkiksi kaatopaikoilla biokaasua syntyy vapaasti, ja se kerätään talteen erikseen rakennetulla putkistolla. Kaasua voidaan tuottaa myös suljetussa prosessissa. Biokaasu on uusiutuva polttoaine, mikä on ympäristöystävällistä. Biokaasu ei vapauta ilmakehään lisää hiilidioksidia. Hyvin puhdistettu biokaasu vastaa parhaimmillaan ominaisuuksiltaan maakaasua. Lisäksi biokaasua voidaan käyttää maakaasun asemasta sellaisenaan moottoreissa ja polttimissa. Biokaasun lämpöarvo vaihtelee välillä 12–30 MJ/m<sup>3</sup>, kun maakaasun lämpöarvo on noin 36 MJ/m<sup>3</sup>. Biokaasun käyttöönotto tarvitsee seuraavat toimenpiteet:

- esikuivaus

- paineen nosto
- kuivaus
- suodatus.

Esikuivauksessa tehdään karkea vedenerotus. Moottorityypin tarvitsema paine vaihtelee välillä 3,5 – 450 bar. Paineen ollessa 3,5 – 450 barin on painetta korotettava haluttuun arvoon. Kuivauksessa tehdään toinen vedenerotus sekä kuivaus. Viimeisessä vaiheessa kaasusta poistetaan kiintoainepartikkelit suodattimen avulla. (4.)

### **3.2 Pääkomponentit**

Biokaasumoottorilaitos järjestelmä koostuu biokaasumoottorista ja jäähdytysjärjestelmästä. Jäähdytysjärjestelmän pääkomponentteja ovat pumput, venttiilit, lämmönsiirtimet sekä kaukolämpöakku.

#### **3.2.1 Pumppu**

Pumppujen tehtävänä on siirtää nesteitä paikasta toiseen. Pumput jaetaan toimintaperiaatteiden mukaan kahteen pääryhmään, syrjäytuspumppuihin ja dynaamisiin pumppuihin. Dynaamisia pumppuja ovat keskipako- ja aksiaalipumput. Dynaamiset pumput toimivat siten, että mekaaninen energia tai liike-energia muutetaan liike-energiaksi. Kun pumpun nostokorkeus alenee, tilavuusvirta kasvaa. Valtaosa nesteiden siirrosta tapahtuu keskipakopumpuilla. Ne sopivatkin moninasiin käyttökohteisiin. Tilavuusvirralla tarkoitetaan nestetilavuutta, minkä pumppu siirtää tietyssä ajassa esimerkiksi litraa sekunnissa (l/s). Nostokorkeudella tarkoitetaan pumpun nesteelle aiheuttamaa korkeusaseman lisäystä. Nostokorkeuden yksikkö on metri. (4.)

#### **3.2.2 Venttiili**

Venttiilien valinta ja optimaalinen mitoitus on keskeinen tehtävä toiminnallisella suunnittelijalla. Venttiilien toiminnallinen tarkoitus voidaan luokitella esimerkiksi sulkutehtävä prosessi- tai verkosto-osan erottamiseksi järjestelmästä, pikasulku- tai avaustehtävä sekä säätötehtävä. Venttiilien valintaa määräävät teknisen jär-

jestelmän tarpeet ja tavoitteet. Lisäksi valintaan vaikuttavat tekniset, fyysiset, kemialliset, taloudelliset ja operatiiviset rajoituksen. Edellä mainitut asiat huomioon otettuna on tehtävä optimaalinen valinta tapauskohtaisesti. Teknisiä vaatimuksia venttiilin valintaan voivat olla esimerkiksi

- virtaustekninen toiminta
- lujuus painetta ja ulkopuolisia kuormituksia vastaan
- tiiviys
- huollettavuus
- asennettavuus
- käytön kestävyys. (5.)

### **3.2.3 Lämmönsiirrin**

Lämmönsiirtimen tehtävänä on siirtää lämpöenergiaa aineesta toiseen. Lämmönsiirtyminen voi tapahtua sekoittumalla tai ilman sekoittumista. Lämmönsiirtimiä joissa aine sekoittuu, kutsutaan regeneratiivikseksi, ja lämmönsiirrintä, jossa aine ei sekoitu vaan lämpö siirtyy aineesta toiseen esimerkiksi seinämän läpi, kutsutaan rekuperatiiviseksi lämmönsiirtimeksi. Rekuperatiivisia lämmönsiirtimiä ovat esimerkiksi putkilämmönsiirrin ja levylämmönsiirrin. Rekuperatiivisissa lämmönsiirtimissä kulkee jatkuvasti kaksi virtaavaa ainetta. Ne voivat kulkea samansuuntaisesti jolloin siirrintä kutsutaan myötävirtalämmönsiirtimeksi. Toisessa tapauksessa virtaavat aineet kulkevat vastavirtaan toisiinsa nähden, ja näitä lämmönsiirtimiä kutsutaan vastavirtalämmönsiirtimiksi. (6.)

### **3.2.4 Lämpöakku**

Lämpöakkua käytetään lyhytaikaiseen varastointiin. Lyhytaikaiseen varastointiin soveltuu parhaiten vedellä täytetty säiliö, missä vesi toimii varastoivana massana sekä lämpöenergiaa kuljettavana väliaineena. Lämpöakkua voidaan ladata ja purkaa kulutuksen vaihdellessa. Akkua voidaan ladata kulutuksen ollessa pieni ja kulutuksen kasvaessa purkaa. Akkua puretaan pumpaamalla kuumaa vettä verkostoon säiliön yläosasta ja samalla säiliön alaosaan tulee tilalle kylmää tai

jäähtynyttä vettä. Kun varaustaso akussa laskee, pumpataan akun yläosaan kuumaa vettä ja vastaavasti akun alaosaan lähtee kylmää vettä pois. Kuvassa 2 on kuva Honkajoen jäähdytysjärjestelmän 100 m<sup>3</sup>:n kaukolämpöakusta. (7.)



*KUVA 2. Jäähdytysjärjestelmän uusi kaukolämpöakku*

Lyhytaikaisvarastointiin parhaiten soveltuu vedellä täytetty säiliö. Säiliössä oleva vesi toimii varastoivana massana sekä lämpöenergiaa kuljettavana väliaineena. Honkajoen voimalaitoksen kaukolämpöakku on lämminvesivaraaja, sillä sen veden lämpötila jää alle 100 asteen. Veden varastointikyky on noin 1,16 kWh/m<sup>3</sup>, °C. Suurissa säiliöissä kuuma vesi kerrostuu, mikä johtuu veden tiheyserosta. Säiliön yläosassa sijaitsee kuumin vesi ja kylmin pohjalla. Tästä syystä lämpöakua ladataan säiliön yläosaan. Lämpöakun purku tapahtuu myös säiliön yläosasta. (8.)

## 4 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

### 4.1 Prosessiautomaatio

Prosessilla tarkoitetaan järjestelmää tai systeemiä, jossa esiintyy mekaanisia, sähköisiä, fysikaalisia tai kemiallisia ilmiöitä. Edellä mainitut ilmiöt liittyvät kiinto-aineiden, nesteiden, kaasujen tai energian siirtoon tai varastointiin tai olomuodon muutokseen. Prosessiteollisuuden automaatio on mittauksiin perustuvaa säätöä. (9.)

Virtaavien aineiden käsittely on samanlaista teollisuuden alasta riippumatta. Prosessissa pyritään hallitsemaan samoja suureita. Tällaisia ovat esimerkiksi virtausnopeus, paine, lämpötila, pinnankorkeus tai jokin pitoisuus. Jos prosessi on vakaa, automaation tehtävä on lähinnä mittaustiedon esittäminen ihmiselle sopivassa muodossa sekä prosessin tavoitetilan muutosten ohjaus. Jos prosessi on epävakaa, automaation tulee myös stabiloida prosessi niin, että se pysyy halutussa tilassa ja siirtyy hallitusti tilasta toiseen. Näissä tapauksissa käytetään yleensä takaisinkytkettyjä säätöpiirejä. (9.)

Prosessiin kytketyt mittalaitteet syöttävät tietoa automaatiojärjestelmään, joka ohjaa prosessia toimilaitteiden avulla mittausten perusteella. Mittalaitteissa on anturi, joka mittaa prosessia. Anturin lisäksi mittalaitteessa on mittauslähetin, joka muuttaa anturista saatavan tiedon siirrettävään ja laitteistolle sopivaan muotoon. Prosessijärjestelmä voi olla esimerkiksi prosessiteollisuuden jokin yksikköprosessi. Tällaisia ovat esimerkiksi reaktori, lämmönsiirrin ja sakeutin. (9; 10.)

### 4.2 Toimintakuvaus

Toimintakuvaus on sanallinen laitteiston tai ohjelmiston toiminnon kuvaus, jonka ensimmäinen versio syntyy perussuunnitteluvaiheessa. Toimintakuvausten avulla siirretään suunnitteluvaiheessa syntynyt tietämys eteenpäin operaattoreille sekä kunnossapitohenkilökunnalle. Voimalaitosorganisaation näkökulmasta toimintakuvaukset ovat käytössä poikkeustilanteissa, joita ovat

- ajojen suunnittelu

- tietämyksen hallinta
- päätöksenteon tuki
- operaattorien sekä muun henkilökunnan opastus ja koulutus.

Operaattorien näkökulmasta toimintakuvausten merkitys korostuu hälytyksen jälkeisessä vika- ja poikkeustilanteiden tunnistamisessa sekä vikatilanteiden syitä jälkeenpäin selvitetessä. (11.)

Käyttökelpoisessa toimintakuvauksessa kuvataan järjestelmän toiminnot riittävän tarkasti ja selkeästi. Sanallista toimintakuvausta voidaan selkeyttää liittämällä toimintakuvaukseen tarvittava toimintakaavio. Vastaavasti toimintakaavioita voidaan selkeyttää sanallisella toimintakuvauksella. (11.)

### **4.3 Mittaukset**

Mittauksia voidaan luokitella niiden tarkoituksen perusteella. Mittauksen tarkoitus voi olla esimerkiksi

- tuotannon seuranta
- turvallisuuden ja laitteiden kunnon testaus
- huolto- ja korjaustarpeiden selvittäminen
- prosessin jatkuva säätö.

Prosessi halutaan pitää jatkuvasti hyvin hallinnassa, minkä vuoksi pyritään mahdollisuuksien mukaan jatkuvatoimiseen mittaamiseen ja kohteen tunnustelemiseen. Teollisuusprosesseissa käsitellään usein suuria aine- ja energiamääriä, joilla pyritään välttämään energian hukkaamista. Tämän tyyppisissä tilanteissa ja prosesseissa esimerkiksi virtauksen, lämpötilan ja pinnankorkeuden mittaaminen on prosessin toiminnan kannalta tärkeää. Prosessiympäristö on usein haasteellinen. Kohteet voivat olla esimerkiksi ulkona, jolloin sää aiheuttaa omat haasteensa. Mittauksen on silti toimittava moitteettomasti lämpötilasta riippumatta. Jatkuva prosessi on vaativa mittalaitteille, minkä takia laitteita on pystyttävä huoltamaan sekä vaihtamaan tarvittaessa uuteen prosessia häiritsemättä. (12.)

Mittausten avulla kerätään tietoja prosessin tilasta ja prosessilaitteiden toiminnasta. Tiedon on oltava riittävän tarkkaa ja yksiselitteistä, jotta sitä voidaan hyödyntää prosessin ohjauksessa. Instrumentoinnilla tarkoitetaan mittaukseen sekä ohjaukseen liittyvää laitetekniikkaa, kuten antureita, lähettämiä ja säätölaitteita. (12.)

#### **4.4 Säätohtävät**

Säädöllä tarkoitetaan takaisinkytkettyä menetelmää, jolla pyritään pitämään prosessin ja prosessilaitteiden tila ennalta määrätyissä turvallisissa arvoissa. Säädössä prosessin tai prosessilaitteen tila mitataan ja sitä verrataan haluttuun arvoon. Tämän jälkeen prosessin tilaa muutetaan siten, että nykyisen ja halutun tilan välinen ero poistuu. (11.)

#### **4.5 Lämmönsiirtimen säätö**

Lämmönsiirtimessä lämpö siirtyy kahden virtaavan aineen välillä olevan kiinteän seinämän läpi. Lämmönsiirtimissä säädön kohteena on yleensä toisiopuolen lähtölämpötila. Toisiopuolen lämpötilaa voidaan säätää ensiöpuolen virtauksen mukaan. Esimerkiksi kuumemman aineen virtauksen kasvaessa kylmemmän aineen lämpötila nousee lämmönsiirtimen dynaamisten ominaisuuksien mukaisesti. Tarkoituksena on siis vaikuttaa toisiovirtauksen lähtölämpötilaan muuttamalla ensiöpuolen virtausta. (10.)

Lämmönsiirtimen ohjaussuureena käytetään ensiövirtausta, joka määräytyy säätöventtiilin asennon ja paine-eron mukaan. Venttiilin asennon pysyessä samana ja paine-eron muuttuessa ensiöpuolen virtaus muuttuu. (10.)

## 5 LÄHTÖKOHDAT

Liitteessä 1 esitetään Kirkkokallion kaasumoottorilaitoksen jäähdytysveden lämmityspiiri. Biokaasumoottorin jäähdytyspiirin lämmönvaihtimelta saadaan 92-asteista vettä, joka käytetään biokaasulaitoksen tarpeisiin. Jos veden lämpötila jää alle 90 asteen, veden lämpötilaa nostetaan tarpeen mukaan 500 kilowatin höyryvaihtimella 90 asteeseen. Höyry tuotetaan HX05-vaihtimelle Honkajoen turvekatilasta. Biokaasulaitokselta palaavan veden lämpötila on 80 astetta. Paluuvettä ajetaan lämmönvaihtimille, jotta biokaasumoottorin kokonaishyötysuhde kasvaisi. Tavoitteena on saada kaikki lämpöenergia hyödyksi paluupuolen lämmönsiirtimien avulla. Moottorilaitoksen jäähdytyspiiriin on hankittu 100 m<sup>3</sup>:n lämpöakku tasaamaan kulutusta ja pienentämään vaihteluita. Taulukossa 1 on esitetty laittilan lämmönvaihtimet ja niiden tehot. (Liite 1.)

*TAULUKKO 1. Lämmönvaihtimien tehot*

Nimi	Teho
HX01/Korpela	350 kW
HX02/Syöttövesi	300 kW
HX03/kiinteistö	400 kW
HX04/kuljetin	200 kW
HX05/höyryvaihdin	500 kW
Palamisilma	2 x 150 kW
HX07/KKK	300 kW

Biokaasumoottorin täytyy toimia yli 75 %:n kokonaishyötysuhteella. Tällöin ehdot uusiutuvan energian tuotantotuesta täyttyvät. Biokaasumoottorin hyötysuhde lasketaan kaavalla 1.

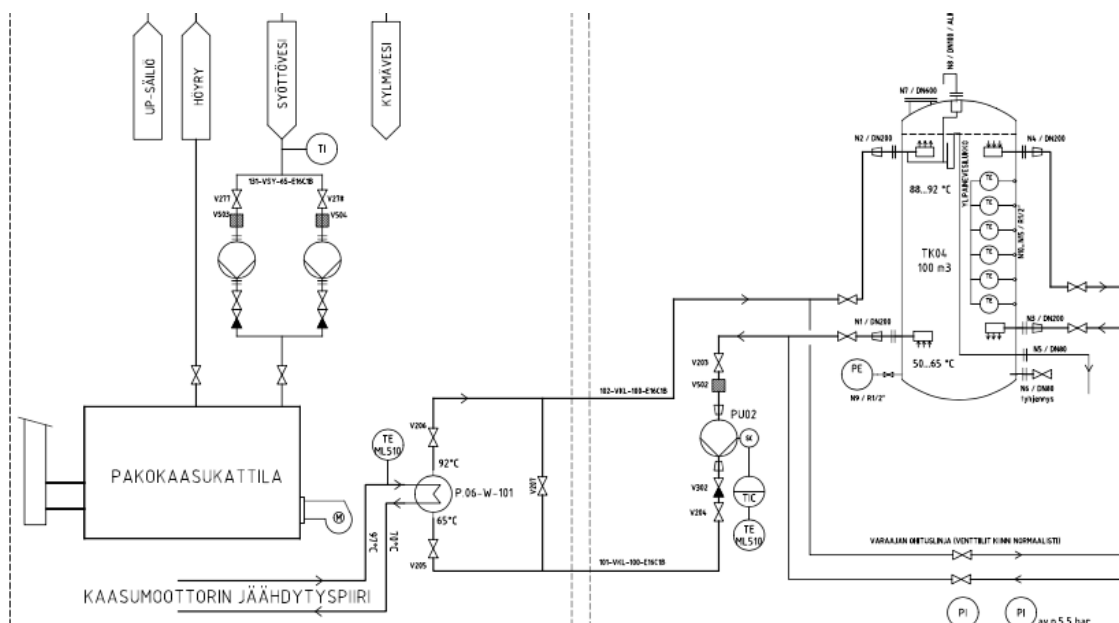
$$\frac{\text{generaattorin teho} + \text{höyryn teho} + \text{KL-verkon teho}}{\text{moottorin polttoaine teho}}$$

KAAVA 1



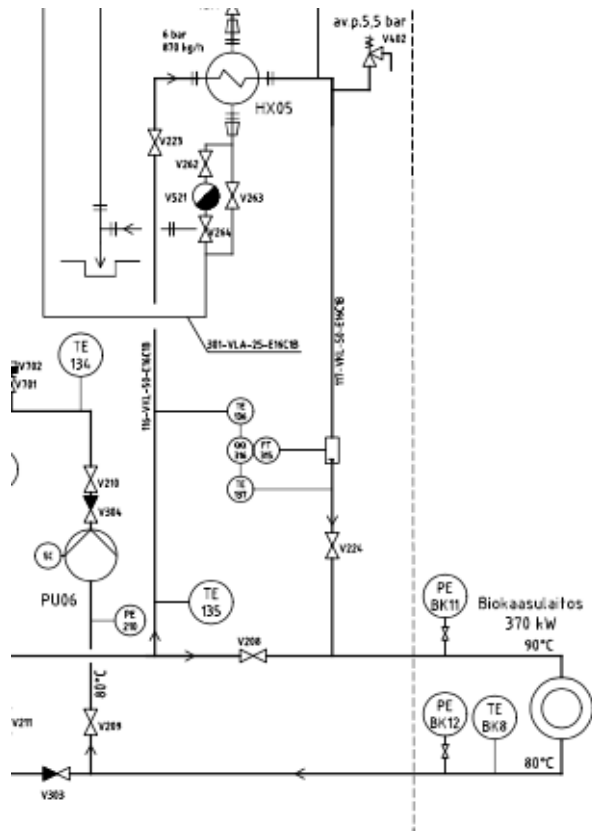
## 5.1 Jäähdytysjärjestelmä

Kirkkokallion biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmään tehtiin muutoksia keväällä 2017. Lämpöakku on kytketty moottorin jäähdytyksen lämmönvaihtimen jälkeen. Lämpöakun tarkoituksena on tasoittaa toimintavarmuutta sekä parantaa moottorilaitoksen hyötysuhdetta. Lämpöakun pitäisi vakauttaa moottorin jäähdytyspiirin lämmönvaihtimelle menevän veden lämpötilaa. Moottorin jäähdytyspiirissä on myös lauhdutin, joka tarvittaessa jäähdyttää moottorin jäähdytysveden 70-asteiseksi. Kuvassa 3 on kytkentäkuva lämpöakusta. Lämpöakun toiminta perustuu akun sisälle tulevan rajakerroksen ala- ja ylärajan väliseen suureen lämpötilaeroon. Rajakerros on 50–100 cm korkea. Rajakerros liikkuu akun varaustason mukaan.



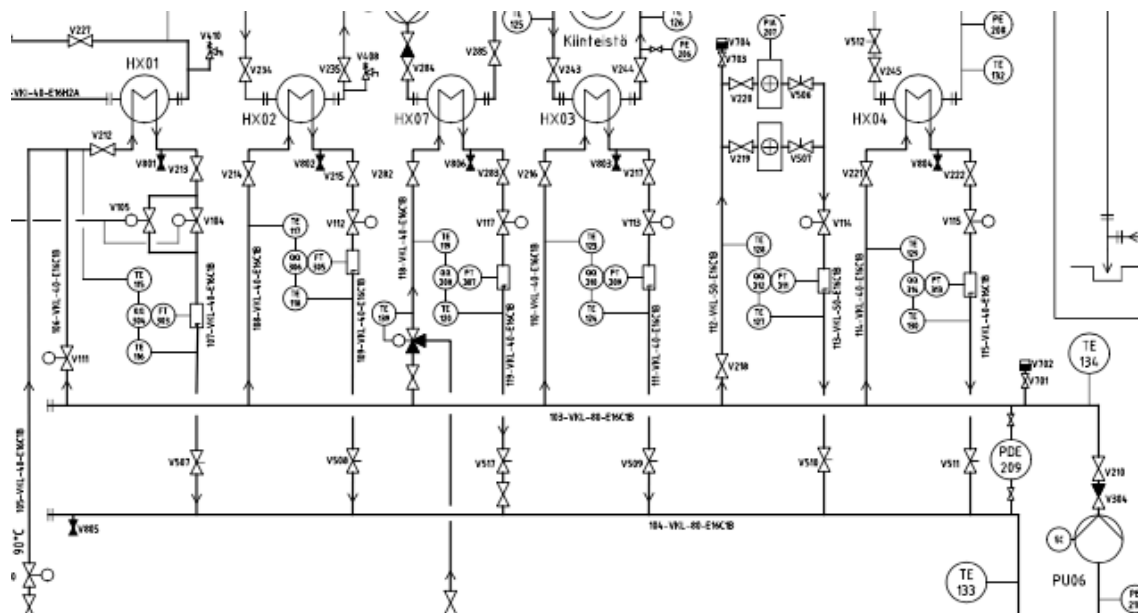
### KUVA 3. Lämpöakun kytkentä jäähdytyspiirissä

Lämpöakun jälkeen menopuolelle on kytketty lämmönvaihdin HX05, joka on höyryvaihdin. Höyryvaihtimen tehtävänä on korottaa menoveden lämpötila riittävän korkeaksi biokaasulaitoksen tarpeiden mukaan. Ennen lämpöakkua menovettä on jouduttu korottamaan HX05-lämmönvaihtimen avulla. Kuvassa 4 on HX05-lämmönvaihtimen kytkentä.



KUVA 4. HX05-lämmönvaihtimen kytkentä

Laitetilan lämmönsiirtimien nimet ja tehot on esitetty taulukossa 1. Siirtimet on kytketty kaukolämpölinjan paluuverkkoon, jonka paluulämpötilan suunnitteluarvo on 80 astetta. Lämmönsiirtimien tehtävänä on käyttää hyväksi paluuviedessä oleva energia ja laskea palaavan veden lämpötila 50–65-asteiseksi. Lämmönsiirtimet tuottavat lämpöä Korpelan lämminvesivaraajaan, syöttövedeen, kiinteistöön, palamisilmaan, polttoainekuljettimelle ja KKK-lämmityspiiriin. Paluulinjan lämmönsiirtimet on esitetty kuvassa 5. Lämmönsiirtimien jälkeen jäähtynyt vesi-palaa lämpöakkuun.



## 6 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOIMINTAKUVAUS

Toimintakuvaus koskee Honkajoen Kirkkokallion biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmää. Biokaasumoottorin jäähdytyspiiri tuottaa lämpöä biokaasulaitokselle, KKK-vihannekselle, Lihajaloste Korpelalle sekä höyrykattilaitoksen omaan käyttöön. Biokaasumoottorin jäähdytyspiirin lämmönsiirrin tuottaa lämpöä kaukolämpöakkuun, josta lämpö siirretään biokaasulaitokselle. Biokaasulaitokselta palaava lämpö kierrätetään jäähdytysjärjestelmän kautta takaisin kaukolämpöakkuun. Jäähdytysjärjestelmän tehtävänä on laskea biokaasulaitokselta palaavan veden lämpötilaa. Jäähdytysjärjestelmä koostuu kaukolämpöakusta, seitsemästä lämmönsiirrinkokonaisuudesta sekä pumpuista.

Toimintakuvauksessa kerrotaan jäähdytysjärjestelmän toiminta kokonaisuudessaan. Jäähdytysjärjestelmän toiminta jaetaan kahteen osaan, toiminta moottorin käydessä ja toiminta moottorin ollessa pois käytöstä. Jäähdytysjärjestelmässä on kohteita, mitkä toimivat erilaisesti erilaisissa tilanteissa. Toimintakuvauksessa on eriteltynä pumppujen ja lämmönsiirrin kokonaisuuksien toiminta eri tilanteissa. Kirkkokallion biokaasumoottorilaitoksen toimintakuvaus on erillinen dokumentti, ja se on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 2.

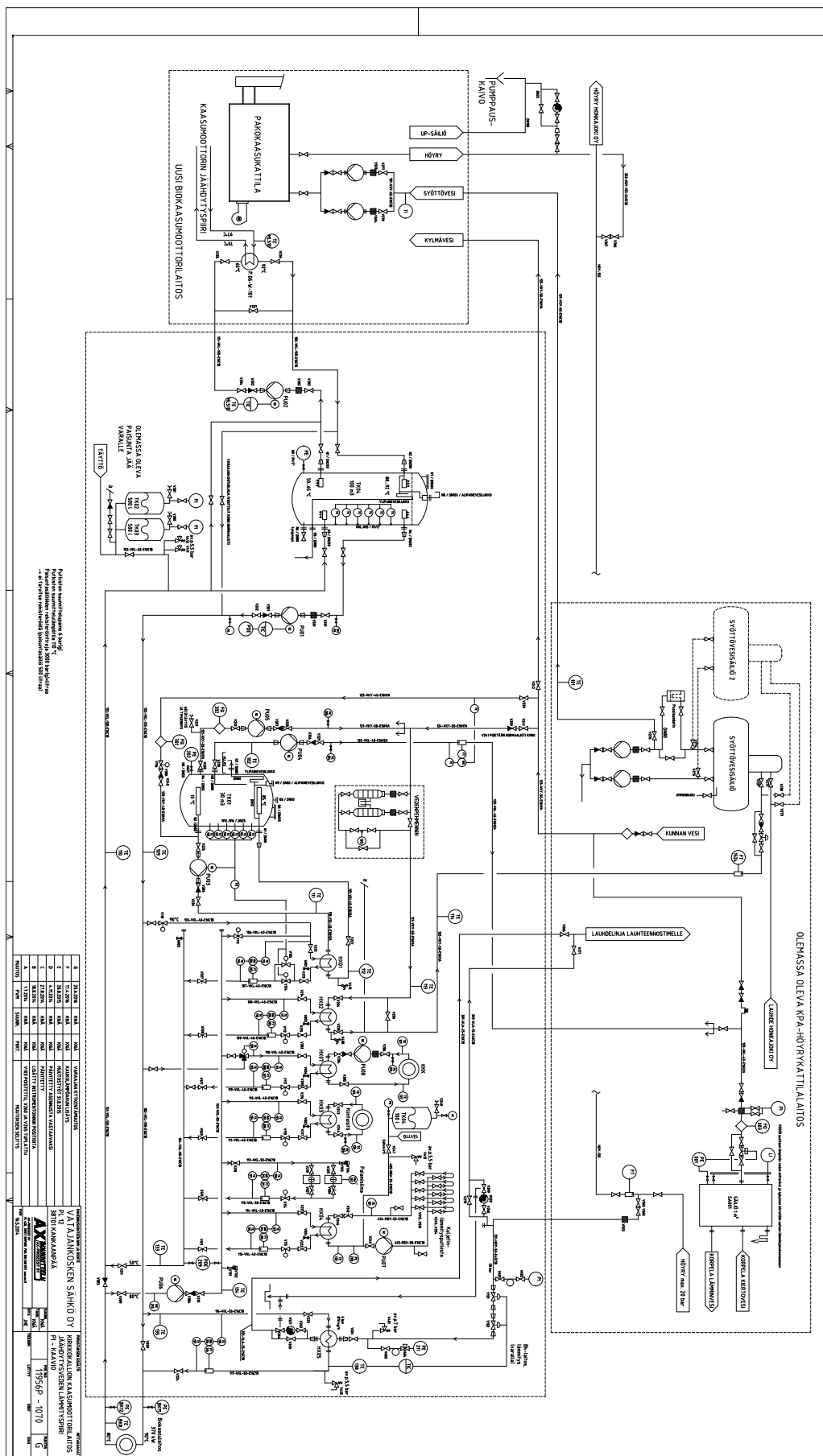
## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimintakuvaus Honkajoen biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmästä. Hyvä suunnitelma on edellytys toimivalle järjestelmälle. Toimintakuvaus on suunnitelma järjestelmän toiminnasta eri tilanteissa. Kuvaus antaa selkeän kuvan järjestelmän toiminnasta. Automaatiosuunnittelijalle toimintakuvaus on tärkeä työkalu, jonka avulla pystytään luomaan toimiva kokonaisuus.

Honkajoen biokaasumoottorilaitoksen järjestelmän toimintakuvauksesta selviää, miten jäähdytysjärjestelmä toimii kokonaisuutena. Kuvauksesta selviää, miten pumpput, lämmönsiirtimet ja venttiilit toimivat prosessissa sekä mitkä mittaukset vaikuttavat prosessin toimintaan. Toimintakuvauksen tavoitteena oli luoda pohja toimivalle jatkuvassa käytössä olevalle järjestelmälle. Toimintakuvausta on helppo päivittää tilanteiden muuttuessa, milloin kuvaus järjestelmän toiminnasta pysyy ajankohtaisena. Lisäksi toimintakuvauksesta on helppo tarkistaa, miten järjestelmän pitäisi toimia.

## LÄHTEET

1. Vatajankosken Sähkö Oy. Vuosikertomus 2016. Saatavissa: [https://www.vatajankoski.fi/wp-content/uploads/2016/05/tk\\_2016\\_FI-NAL\\_web.pdf](https://www.vatajankoski.fi/wp-content/uploads/2016/05/tk_2016_FI-NAL_web.pdf). Hakupäivä 1.11.2017.
2. 13.12.2013/870. Laki Energiavirastosta. Finlex. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130870#P1>. Haettu: 13.10.2017.
3. 30.12.2010. Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. Finlex. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101396> Haettu: 13.10.2017.
4. Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen, Samu. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus. 2008. Otava.
5. Pulli, Martti. Virtaustekniikka - Vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin. Tammertekniikka. 2016.
6. Sinivuori, Mika 2016. Erityyppisten lämmönsiirtimien mitoitusapaukset. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.
7. Karanka, Jaakko. Kaukolämpöakun mitoitus ja investoinnin kannattavuus Seinäjoen Energialle. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 2013.
8. Kaukolämmön käsikirja. 2006. Energiateollisuus ry.
9. Kippo, Asko K. – Tikka, Aimo. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Edita Publishing. Edita Prima Oy.
10. Savolainen, Jari – Vaittinen, Reijo. Sääntötekniikan perusteita. Opetushallitus 2001. Gummerus Kirjapaino Oy.
11. Pukki, Kati. Toimintakuvaukset osana voimalaitoksen automaattiosuunnittelua. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. 2014.
12. Aumala, Olli. Teollisuusprosessien mittaukset. Pressus Oy. 2000. Klimgendahl Paino Oy.



## **BIOKAASUMOOTTORIN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOI- MINTA**

Jussi Rajahalme  
2018



## SISÄLLYS

1 YLEISTÄ	3
2 TOIMINTA MOOTTORIN KÄYDESSÄ	4
2.1 PUMPUT	4
2.1.1 PU02	4
2.1.2 PU01	4
2.1.3 PU06	4
2.2 Lämmönsiirtimet	5
2.2.1 HX01 Korpelan varaaja	5
2.2.2 HX02 Syöttöveden esilämmitin	7
2.2.3 HX03 Kiinteistön lämmitys	7
2.2.4 HX04 Kuljettimen lämmitys	8
2.2.5 HX05 Höyry-lämmönsiirrin	8
2.2.6 HX07 KKK-lämmityspiiri	9
2.2.7 Palamisilma	9
3 TOIMINTA KUN MOOTTORI EI KÄY	10
3.1 Pumput	10
3.1.1 PU02	10
3.1.2 PU01	10
3.1.3 PU06	10
3.2 Lämmönsiirtimet	10

## 1 YLEISTÄ

Tämä toimintaselostus koskee Honkajoen Kirkkokallion biokaasumoottorilaitoksen jäähdytysjärjestelmän toimintaa. Biokaasumoottorin jäähdytyspiiri tuottaa lämpöä biokaasulaitokselle, KKK-vihannekselle, Lihajaloste Korpelalle sekä höyrykattilalaitoksen omakäyttöön. Biokaasulaitokselta palaava lämminvesi kierrätetään lämmönsiirtimien kautta takaisin kaukolämpöakkuun. Lämmönsiirrinten tehtävä on laskea palaavan veden lämpötila kaukolämpöakulle sopivaksi. Honkajoen Kirkkokallion biokaasumoottorin jäähdytysjärjestelmä koostuu kaukolämpöakusta ja jäähdytysjärjestelmästä. Biokaasumoottori sijaitsee Honkajoen voimalaitoksen tontilla erillisessä moottorilaitoksessa. Kaukolämpöakku sijaitsee voimalaitoksen laittilan vieressä, ja laittilassa sijaitsevat lämmönsiirtimet.

## **2 TOIMINTA MOOTTORIN KÄYDESSÄ**

### **2.1 PUMPUT**

#### **2.1.1 PU02**

Pumppua PU02 ohjataan moottorin lämmönsiirtimen jälkeisen lämpötilan mukaan. Pumpun PU02 ohjauslämpötila on 92 astetta. Kun jäähdytyksen tarve pienenee, pumpun kierrosluku pienenee. Pumppu PU02 ei saa sammua. Moottorilaitoksen ollessa käynnissä, pumpulle asetetaan minimi pyörimisnopeuden rajoitus. Pumpun on oltava aina päällä, kun moottorilaitos käy. Kaukolämpöakun luoma paine takaa riittävän imupaineen pumpulle, jolloin pumpulle ei tarvitse asettaa imupaine rajoitusta. Moottorilaitoksen sammuesssa häiriöstä tai muusta syystä johtuen, pumpun on käytävä 30 sekunnin ajan. Moottorilaitoksen käynnistyessä pumppu PU02 lähtee samalla käyntiin. Automaatilla pumppu ohjaa lämmönsiirtimen jälkeisen lämpötilan mukaan.

#### **2.1.2 PU01**

Pumppu PU01 purkaa kaukolämpöakkua akun yläosasta ja siirtää lämpöä biokaasulaitokselle. Pumpun tehtävänä on pitää painetta yllä biokaasulaitokselle. Pumpun toimintaa ohjataan paine-eron PE BK11 ja BK12 mukaan. Paine-eron asetusarvoa voidaan säätää. Painetta voidaan muuttaa tarvittaessa. Biokaasulaitoksella olevan järjestelmän pumput imevät samasta putkesta, jolloin paine-ero PE BK11 ja BK12 voi romahtaa. Pumpun imupaineen oltava pumpun ohjauskäyrän mukainen. Imupainetta voidaan muuttaa tarvittaessa, jos pumpussa tapahtuu esimerkiksi kavitaatiota. Pumpun on oltava käynnissä, mikäli biokaasulaitoksella tarvitaan lämpöä.

#### **2.1.3 PU06**

Pumppua PU06 ohjataan PDE209:n paine-eron mukaisesti. Paine-eron on oltava 1,5 baria. Pumpulle on oltava imupainetta vähintään 0,8 baria. Pumppu voi olla pysähdyksissä, mikäli paine-ero on riittävä.

## 2.2 Lämmönsiirtimet

Lämmönsiirtimillä pyritään jäähdyttämään paluuvettä 50 — 65 asteiseksi. Tällöin kaukolämpöakku toimii oikein. Mikäli kaukolämpöakun pohjalle ajetaan lämmintä vettä, biokaasumoottorin lauhduttimet joudutaan ottamaan käyttöön. Lämmönsiirtimistä luodaan kokonaispaketti. Pakettiin kuuluvat lämminsiirtimet HX01, HX02, HX03, HX04, HX07 ja palamisilman esilämmitin. Paketin ohjaus on automaatti tai manuaali. Automaattiajoa käytetään pääsääntöisesti, manuaaliajo vain poikkeustilanteissa. Poikkeustilanteita ovat esimerkiksi huolto- ja muutostyöt sekä hajonnut osa järjestelmässä. Lämmönsiirtimiä ohjataan alla olevan järjestyksen mukaan. Ensin avataan korkeimman tason omaava lämminsiirrin ja sitten seuraava, mikäli lämpöä on saatavilla. Lämmönsiirtimet sulkeutuvat lämminsiirrin-kohtaisten ehtojen mukaan (virtausta ohjaava venttiili sulkeutuu).

Lämmönsiirtimien prioriteettitasot ovat seuraavat:

1. Korpelan varaaja HX01
2. Syöttöveden esilämmitys HX02
3. KKK-vihannes HX07
4. Kiinteistön lämmitys HX03
5. Kuljettimen lämmitys HX04
6. Palamisilman lämmitys.

Listan perustana on käytetty taloudellisia perusteita. Listan kolme ensimmäistä kohdetta tuottavat lämpöä toisille osapuolille, ja niistä saadaan taloudellista hyötyä. Viimeiset kohteet tuottavat lämpöä omaan käyttöön.

### 2.2.1 HX01 Korpelan varaaja

Ohjaus: Automaatti, lämminsiirtimen teho

Lämmönsiirtimen automaattista ajoa ohjataan lämminsiirtimen tehon mukaan, jolloin Korpelan varaajaa voidaan ladata pitkiä jaksoja. Teho on lämminsiirtimen

virtauksen ohjauksen asetusarvo. Lämmönsiirtimet tehon asetusarvoksi asetetaan 80 kW. Teho asetusarvoa voidaan muuttaa. Lämmönsiirtimeen teho ohjaa virtausta venttiilien V105 ja V104 läpi. Venttiilejä avataan, kun tarvitaan suurempi virtaus. Jos halutaan pienempi virtaus, venttiilejä ohjataan pienemmälle. Korpe-  
lan lämminvesivaraajaan voidaan ajaa myös venttiilin V110 kautta, mikäli biokaasulaitokselta palaavan vedenlämpötila ei ole riittävä ja kaukolämpöakun varaus on korkea. Lämmönsiirrin sulkeutuu, kun varaaja on täynnä. Lämmönsiirtimeen sulkeutuessa sulkeutuvat myös venttiilit V104 ja V105.

Ohjaus: Automaatti lämmönsiirtimeltä lähtevä lämpötila

Lämmönsiirrintä voidaan ohjata myös siten, että venttiilejä V105 ja V104 ohjataan toisiopuolen lähtevän lämpötilan TE112 mukaan. Lähtevän lämpötilan TE112 voidaan muuttaa. Pumpun ohjaus esitetään luvussa 2.2.1.1.

Ohjaus: Manuaali

Manuaali-ohjauksessa venttiilejä V105 ja V104 ohjataan manuaalisesti. Pumpun ohjaus vakio kierroksilla.

### **2.2.2 Pumppu PU03**

Pumppu PU03 ohjaa virtausta lämmönsiirtimeen tehon mukaan, jos venttiilejä V105 ja V104 ohjataan lähtevän TE112 lämpötilan mukaan. Pumpun tehon ohjausarvoksi asetetaan 80 kW. Pumppu lähtee ensimmäiseksi ajamaan vakio kierroksilla, kunnes lähtevä lämpötila on saavuttanut asetusarvon, minkä jälkeen pumppu alkaa ohjautua tehon mukaan. Tehoa voidaan tarvittaessa muuttaa. Pumpua voidaan myös ajaa vakio kierroksilla, jos venttiilejä V105 ja V104 ohjataan tehon mukaan.

### 2.2.3 HX02 Syöttöveden esilämmitin

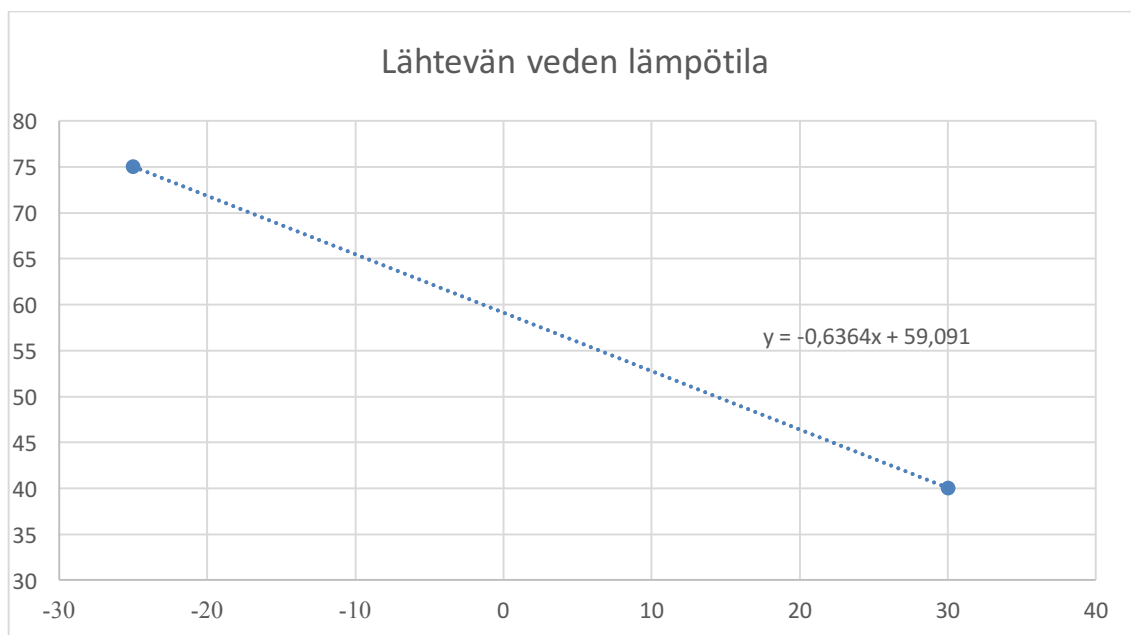
Ohjaus: Automaatti lämmönsiirtimeltä lähtevä lämpötila

Lämmönsiirtimellä esilämmitetään syöttövetä. Syöttövedenesilämmittimen toisiopuolen lähtevä lämpötila ohjataan lämmönsiirtimelle menevän veden virtauksella. Virtauksen ohjaus tapahtuu venttiilillä V112. Venttiiliä avaamalla virtaus läpi suurenee, jolloin teho kasvaa. Virtausta vähennetään ohjaamalla venttiiliä pienemmälle. Tällöin tehon määrä pienenee. Syöttöveden esilämmittimen virtauksen ohjaussuure on toisiopuolen lähtölämpötila TE114. Esilämmitetyn syöttöveden asetusarvo on 65 astetta. Esilämmitetyn syöttöveden asetusarvoa voidaan muuttaa. Lämmönsiirrin sulkeutuu, mikäli lämpötila TE117 nousee samaan lämpötilaan kuin lämpötila TE118.

### 2.2.4 HX03 Kiinteistön lämmitys

Ohjaus: Automaatti, ohjauskäyrä

Lämmönsiirtimellä lämmitetään kiinteistön lämmityspiiriä. Kiinteistön lämmityspiirin lämmönsiirtimelle menevän veden virtausta ohjataan lämpötilan TE126 mukaan. Lämmönsiirrin pyrkii pitämään toisiopuolen lähtölämpötilan asetusarvossa säätämällä venttiilin V113 läpi menevää virtausta. Lämpötilan TE126 asetusarvoksi asetetaan ohjauskäyrän mukainen lämpötila. Ohjauskäyrä on esitetty kuvassa 1. Maksimi lämpötila lähtevälle vedelle on 75 astetta ja minimi 40 astetta. Lämpötilan asetusarvoa voidaan muuttaa tarpeen vaatiessa. Lämmönsiirtimen tehoa säädetään venttiilin V113 läpi menevällä virtauksella. Kun tarvitaan enemmän lämpöä, virtaus ensiöpuolella kasvaa. Lämpötilojen TE125 ja TE126 ollessa samoja, virtaus lämmönsiirtimen läpi suljetaan ohjaamalla venttiili V113 kiinni.



KUVA 1. Lämmönsiirtimeltä lähtevän veden lämpötilan ohjauskäyrä

### 2.2.5 HX04 Kuljettimen lämmitys

Lämmönsiirtimellä lämmitetään kuljetinta. Lämmönsiirrintä ohjaa toisiopuolen lähtevä lämpötila TE132. Kuljettimen lämmityspiirin lämmönsiirtimelle menevän veden virtausta ohjataan lämpötilan TE132 mukaan. Lämmönsiirrin pyrkii pitämään toisiopuolen lähtölämpötilan asetusarvossa säätämällä venttiilin V115 läpi menevää virtausta. Virtausta kasvattamalla lisätään lämmönsiirtimen tehoa. Lämpötilan TE132 asetusarvoksi asetetaan 35 astetta. Lämpötilaa voidaan tarvittaessa muuttaa. Lämpötilan TE131 ollessa sama kuin TE132 lämmönsiirtimen läpi menevä virtaus suljetaan venttiilillä V115.

### 2.2.6 HX05 höyrylämmönsiirrin

Lämmönsiirrin lämmittää tarvittaessa biokaasulaitokselle menevää vettä höyryllä, jos kaukolämpöakusta saatavan veden lämpötila on alle 92 astetta (TE135). Lämmönsiirtimen läpi ei virtaa vettä, jos lämpötila on 92 astetta tällöin venttiili V223 on kiinni. Höyrylämmönsiirrin pyrkii pitämään lämpötilan TE137 lämpötilan 92 asteisena. Venttiili V208 on auki normaalitilanteessa, kun lämpötila TE135 on 92 astetta tai korkeampi. Venttiili sulkeutuu lämpötilan laskiessa alle 92 asteen. Venttiilin V208 ollessa auki venttiili V223 on kiinni, ja kun venttiili V208 sulkeutuu venttiili V223 aukeaa.

### **2.2.7 HX07 KKK-lämmityspiiri**

Lämmönsiirrin lämmittää KKK-vihanneksen lämminvesivaraajaa. KKK-lämmityspiirin lämmönsiirrin ohjataan lämpötilan TE122 mukaan. Lämmönsiirrin pyrkii pitämään lämpötilan TE122 asetusarvossa. Asetusarvoksi asetetaan 80 astetta. Asetusarvoa voidaan muuttaa. Asetusarvoa pidetään säätämällä virtausta venttiilin V117 läpi. Kun tarvitaan enemmän tehoa, virtausta kasvatetaan. Lämpötilan TE121 noustessa TE122 lämpötilan tasalle, venttiili V117 sulkeutuu. KKK:n lämminvesivaraajaan voidaan ajaa myös biokaasulaitokselle menevän puolen venttiilin kautta, mikäli biokaasulaitokselta palaavan vedenlämpötila jää alle 80 asteen ja kaukolämpöakun varaus on korkea.

### **2.2.8 Palamisilma**

Palamisilman lämmönsiirtimiä ohjataan lämmönsiirtimeen paluu veden mukaan TE128. Lämmönsiirrintä ohjataan säätämällä virtausta venttiilin V114 läpi. Lämpötilalle TE128 asetetaan asetusarvoksi 60 astetta. Asetusarvoa voidaan muuttaa. Paluu lämpötilan TE128 noustessa lämpötilan TE127 tasolle venttiili V114 sulkeutuu. Suurentamalla virtausta venttiilin V114 läpi saadaan lisää tehoa.



### **3 TOIMINTA KUN MOOTTORI EI KÄY**

#### **3.1 Pumput**

##### **3.1.1 PU02**

Moottorin sammussa pumpulle asetetaan viiveeksi 30 sekuntia, jonka ajan pumppu pyörii moottorin sammussa. Muulloin moottorin ollessa sammuksissa pumppu ei käy. Pumppu käynnistyy min kierroksilla, kun moottori käynnistyy. Käynnistymisen jälkeen pumppua ohjataan kohdan 1.1.1. mukaan.

##### **3.1.2 PU01**

Pumppu on pysähdyksissä, jos moottori ei käy. Mikäli biokaasulaitoksella on lämmöntarvetta, pumppu pysyy käynnissä. Tällöin pumppua ohjataan kohdan 1.1.2. mukaan.

##### **3.1.3 PU06**

Pumppua PU06 ohjataan kohdan 1.1.3. mukaan.

#### **3.2 Lämmönsiirtimet**

Lämmönsiirtimien toiminta on samanlainen kuin moottorin käydessä. Pumpun PU01 käydessä ovat myös lämmönsiirtimet käytössä, mikäli pumppu pysähdyksissä lämmönsiirtimet eivät ole käytössä. Pumpun PU01 ollessa päällä on todennäköisesti lämpöä saatavilla, jolloin paluuvettä voidaan jäähdyttää. Vaikka moottori ei olisi käynnissä ja lämpöä on saatavilla, lämmönsiirtimet pitävät huolen, ettei kaukolämpöakun toiminta sekoitu. On tärkeää saada lämpötila laskettua 50—65 asteeseen, jotta kaukolämpöakku toimii.